

2002 P 76223



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 100 11 690 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**F 02 D 41/38**

21 Aktenzeichen: 100 11 690.6  
22 Anmeldetag: 10. 3. 2000  
43 Offenlegungstag: 20. 9. 2001

DE 100 11 690 A 1

71 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:  
Zhang, Hong, Dr., 93105 Tegernheim, DE; Rösel,  
Gerd, Dr., 93057 Regensburg, DE

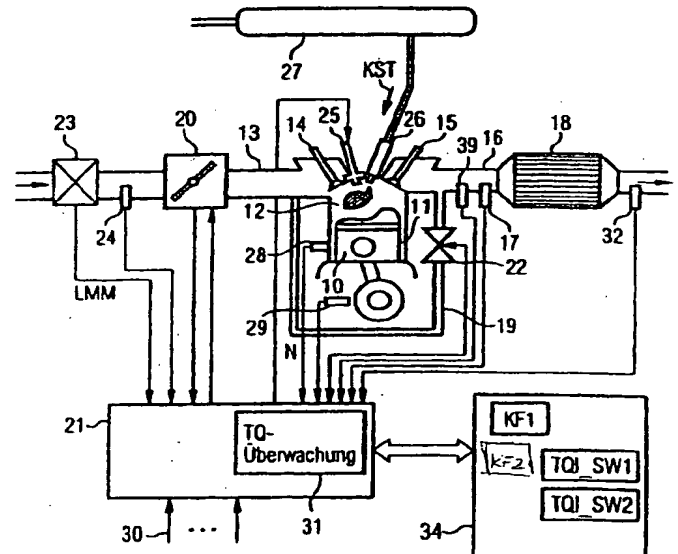
56 Entgegenhaltungen:  
DE 198 28 279 A1  
DE 198 14 155 A1  
DE 198 12 305 A1  
DE 41 22 139 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Adaptionsverfahren zur Steuerung der Einspritzung

57 Bei einem Adaptionsverfahren zur Steuerung der Einspritzung einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine erfolgt eine  $\lambda$ -Gleichstellung der einzelnen Zylinder (11) im homogenen Betrieb, dahingehend, dass allen Zylindern (11) die gleiche Kraftstoffmasse eingespritzt wird. Im geschichtet-mageren Betrieb erfolgt eine Drehmomentengleichstellung, bei der die Einspritzsteuerung so adaptiert wird, dass alle Zylinder (11) das gleiche Drehmoment abgeben. Bei Beginn dieser Drehmomentengleichstellung werden die letzten Werte der  $\lambda$ -Gleichstellung verwendet, jedoch nicht umgekehrt.



DE 100 11 690 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Adaptionsverfahren zur Steuerung der Einspritzung einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine, die phasenweise stöchiometrisch, Lambda-1-geregt und mager betrieben wird.

Um den Kraftstoffverbrauch von Otto-Brennkraftmaschinen weiter zu reduzieren, kommen Brennkraftmaschinen mit magerer Verbrennung immer häufiger zum Einsatz. Bei einer solchen mageren Betriebsweise wird zwischen zwei grundlegenden Betriebsarten unterschieden.

In einem unteren Lastbereich wird die Brennkraftmaschine mit einer stark geschichteten Zylinderbeladung und hohem Luftüberschuss betrieben (im folgenden als geschichtet-magerer Betrieb bezeichnet). Dies wird u. a. durch eine späte Einspritzung in den Verdichtungshub kurz vor dem Zündzeitpunkt erreicht. Die Brennkraftmaschine wird dabei unter Vermeidung von Drosselverlusten weitgehend bei geöffneter Drosselklappe betrieben.

In einem oberen Lastbereich wird die Brennkraftmaschine mager und mit homogener Zylinderladung betrieben (im folgenden als homogen-magerer Betrieb bezeichnet). Die Einspritzung erfolgt bereits während des Ansaugtaktes, um eine gute Durchmischung von Kraftstoff und Luft zu erhalten. Die angesaugte Luftmasse wird entsprechend dem angeforderten Drehmoment, das beispielsweise von einem Fahrer an einem Fahrpedal abgefordert wird, über eine Drosselklappe eingestellt.

Schließlich kann die Brennkraftmaschine auch mit stöchiometrischem Kraftstoff-Luft-Gemisch betrieben werden (im folgenden als stöchiometrischer Betrieb bezeichnet). Dabei wird auf bekannte Weise die benötigte Kraftstoffmenge aus der angesaugten Verbrennungsluftmasse unter Berücksichtigung der Drehzahl berechnet und gegebenenfalls über eine Lambda-Regelung korrigiert.

Der homogen-magere Betrieb und der stöchiometrische Betrieb werden nachfolgend unter dem Begriff "homogener Betrieb" zusammengefasst.

Kraftstoff-Einspritzventile weisen naturgemäß eine gewisse Abweichung ihres Ist-Verhaltens vom spezifizierten Soll-Verhalten auf. Diese Abweichung kann fertigungstoleranzbedingt sein, oder sich durch Veränderungen im Betrieb ergeben, beispielsweise durch Ablagerungen. Es ist deshalb bekannt, im stöchiometrischen Betrieb eine sogenannte Zylinder-Gleichstellung durchzuführen, in der zylinderindividuelle Unterschiede der Einspritzventile adaptiv ausgeglichen werden. Dabei wird durch Korrektur der Ansteuerung der jeweiligen Einspritzventile dafür gesorgt, dass jeder Zylinder exakt im stöchiometrischen Betrieb mit Lambda-1-Regelung läuft. Je nach toleranz- oder altersbedingter Abweichung, die das jeweilige Einspritzventil zeigt, kann diese Gleichstellung eine Mehr- oder Mindermenge an Kraftstoff bedeuten, die beim Betrieb des jeweiligen Einspritzventils als Korrektur zugrundegelegt werden muss.

Diese Zylinder-Gleichstellung ist bei direkt einspritzenden Brennkraftmaschinen besonders von Bedeutung, da deren Einspritzventile direkt in den Brennraum der Brennkraftmaschine ragen und mithin besonders stark Alterungseinflüssen unterworfen sind.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren anzugeben, mit dem bei einer Brennkraftmaschine, die sowohl im stöchiometrischen als auch im mageren Betrieb läuft, eine Adaption der Einspritzsteuerung erreicht wird, um Veränderungen der Einspritzventile sowohl in stöchiometrischen als auch in mageren Betriebsphasen auszugleichen.

Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 gekennzeichnete Erfindung gelöst.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass im geschichtet-mageren Betrieb für das Verhalten der Brennkraftmaschine im wesentlichen die Strahlcharakteristik des von einem Einspritzventil abgegebenen Strahles bestimmend ist. Dabei sind individuelle Veränderungen der Einspritzventilcharakteristik im geschichtet-mageren Betrieb vorwiegend drehmomentrelevant, wogegen sie im homogenen Betrieb (sowohl homogen-mager als auch stöchiometrisch) der Brennkraftmaschine hauptsächlich emissionsrelevant sind. Erfindungsgemäß wird deshalb eine bekannte  $\lambda$ -Gleichstellung im homogenen Betrieb der Brennkraftmaschine durchgeführt, ein erster Korrekturfaktor zur Veränderung vorgegebener Einspritzgrundwerte für jedes Einspritzventil ermittelt und abgespeichert. Mit diesem ersten Korrekturfaktor ist erreicht, dass die jeweiligen Einspritzventile alle das gleiche Istverhalten zeigen; toleranz- oder alterungsbedingte Abweichungen der abgegebenen Kraftstoffmasse sind ausgeglichen.

Wechselt die Brennkraftmaschine nun in den geschichtet-mageren Betrieb, so wird hier ebenfalls eine Gleichstellung durchgeführt, wobei nun nicht mehr ein stöchiometrisches oder homogen-mageres Gemisch für die einzelnen Zylinder zielführend ist, sondern das vom jeweiligen Zylinder abgegebene Drehmoment; man spricht deshalb von Drehmoment-Gleichstellung. Zur Ermittlung der zylinderindividuellen Korrekturfaktoren der Drehmoment-Gleichstellung wird dabei vom jeweiligen zuletzt abgespeicherten ersten Korrekturfaktor der vorherigen homogenen Betriebsphase ausgegangen, d. h. der erste Korrekturfaktor wird nun für den geschichtet-mageren Betrieb verwendet, wobei zusätzlich eine Ermittlung oder Adaption eines zweiten Korrekturfaktors erfolgt, der spezifisch für den geschichtet-mageren Betrieb ist und zusammen mit dem ersten Korrekturfaktor verwendet wird. Ausgehend von diesen Werten erfolgt dann mit einem eigenständigen Verfahren die Adaption des zweiten Korrekturfaktors im mageren Betrieb.

Da im homogenen Betrieb in erster Linie die injizierte Kraftstoffmasse, im geschichtet-mageren Betrieb aber im wesentlichen die Strahlcharakteristik bestimmend für das Verhalten der Brennkraftmaschine ist, kann der zweite Korrekturfaktor, der in der Adaption einer geschichtet-mageren Betriebsphase ermittelt wurde, schwerlich auf die  $\lambda$ -Gleichstellung im homogenen Betrieb verwendet werden. Deshalb wird vorzugsweise die  $\lambda$ -Gleichstellung im homogenen Betrieb bei einem Wechsel des Betriebsmodus von geschichtet-magerem Betrieb nach homogenem Betrieb wieder mit dem in dem Adaptionsalgorithmus des geschichtet-mageren Betriebes unveränderten ersten Korrekturfaktor, der als Ergebnis der Adaption in der vorherigen homogenen Betriebsphase erhalten wurde, fortgeführt und der letzte Wert des zweiten Korrekturfaktors bei der homogenen Betriebsphase nicht verwendet. Es laufen also zwei Adaptionsalgorithmen unabhängig, einer für den homogenen Betrieb und einer für den geschichtet-mageren Betrieb.

Als Zielgröße für die Drehmoment-Gleichstellung im geschichtet-mageren Betrieb kann vorzugsweise die Laufruhe der Brennkraftmaschine dienen. Dazu kann man beispielsweise mittels eines Klopfensors die Laufruhe zylinderselektiv erfassen und Einspritzdauer und/oder Einspritzbeginn für die einzelnen Einspritzventile geeignet so verändern, dass die Laufruhe steigt. Kann man in geschichtet-mageren Betriebsphasen in gewissen Betriebszuständen die Laufruhe nicht erfassen, wie es beispielsweise bei starker Dynamik der Brennkraftmaschine der Fall sein kann, ist es möglich, die Adaption des zweiten Korrekturfaktors auszusetzen.

Natürlich muss die Abweichung des Istverhaltens eines Einspritzventils von seinem Sollverhalten nicht in jeder Phase der Brennkraftmaschine gleich sein. Beispielsweise

ist denkbar, dass die Abweichung vom Kraftstoffdruck abhängt. Es ist deshalb in einer weiteren Ausbildung möglich, die zylinderindividuellen Korrekturfaktoren der  $\lambda$ - und/oder der Drehmoment-Gleichstellung betriebsparameterabhängig zu gestalten. Statt jeweils pro Zylinder einen einzelnen ersten und zweiten Korrekturfaktor zu speichern, wird man dann für eine gegebene Betriebsparametereinteilung entsprechend mehrere erste und zweite Korrekturfaktoren ablegen, beispielsweise in geeigneten Kennfeldern.

Die getrennten ersten und zweiten Korrekturfaktoren haben weiter den Vorteil, dass die auf sie wirkenden Adaptionsalgorithmen im homogenen und in geschichtet-magerem Betrieb langsam ausgelegt werden können. Im homogenen Betrieb wirkt nur der erste Korrekturfaktor, und nur dieser wird adaptiert, in geschichtet-magerem Betrieb wirken erster und zweiter Korrekturfaktor, aber nur der zweite Korrekturfaktor wird durch Adaption verändert.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung in einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung und

**Fig. 2** einen Ablaufplan eines Verfahrens zur Adaption der Ansteuerung von Einspritzventilen der Brennkraftmaschine der **Fig. 1**.

**Fig. 1** zeigt in schematischer Darstellung eine Brennkraftmaschine mit Benzin-Direkteinspritzung, die sowohl mit stöchiometrischem als auch mit magerem Kraftstoff-Luft-Gemisch betreibbar ist. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nur diejenigen Bestandteile der Brennkraftmaschine eingezeichnet, die für das Verständnis der Erfindung notwendig sind; insbesondere ist nur ein Zylinder einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine dargestellt.

Die Brennkraftmaschine weist einen Kolben **10** auf, der in einem Zylinder **11** einen Verbrennungsraum **12** begrenzt. In den Verbrennungsraum **12** mündet ein Ansaugkanal **13** an einem Einlassventil **14**, durch das die Verbrennungsluft in den Verbrennungsraum **12** strömt. Ein Auslassventil **15** verbindet den Verbrennungsraum **12** mit einem Abgastrakt **16**, in dessen weiteren Verlauf ein Sauerstoffsensor in Form einer breitbandigen Lambda-Sonde **17** sowie ein NOx-Speicherkatalysator **18** mit nicht dargestelltem Drei-Wege-Vorkatalysator liegen.

Unter Rückgriff auf das Signal der Lambda-Sonde **17** wird von einem Steuergerät **21** das Kraftstoff-Luft-Gemisch entsprechend den Sollvorgaben in verschiedenen Betriebsmodi der Brennkraftmaschine geregelt/gesteuert. Beispielsweise erfolgt im stöchiometrischen Betrieb eine bekannte Lambda-Regelung.

Für eine solche Lambda-Regelung befindet sich stromab des NOx-Speicherkatalysators **18** eine weitere Lambda-Sonde **32**, die für eine Führungs- und Sollwertregelung verwendet wird. Die Sauerstoffsonde ist in diesem Falle eine binäre Lambda-Sonde **32** (Zweipunkt-Lambda-Sonde), die bei einem Lambdawert von  $\lambda = 1$  Sprungcharakteristik zeigt. Anstelle der Lambda-Sonde **32** kann auch ein NOx-Messaufnehmer verwendet werden. Weiter befindet sich im Abgastrakt in der Regel noch ein Temperaturfühler **33**.

Der NOx-Speicherkatalysator **18** dient dazu, um bei magerem Betrieb der Brennkraftmaschine geforderte Abgasgrenzwerte bezüglich NOx-Verbindungen einhalten zu können. Er adsorbiert aufgrund seiner Beschichtung die bei magerer Verbrennung erzeugten NOx-Verbindungen im Abgas.

Um die speziell bei Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung im geschichtet-mageren Betrieb auftretenden NOx-Emissionen zu verringern, ist eine Abgasrückführung

vorgesehen. Dabei wird durch Zumischen von Abgas zu angesaugter Frischluft die Temperatur der Verbrennung gesenkt, womit zugleich die NOx-Emissionen reduziert werden. Deshalb ist vom Abgastrakt **16** stromauf des NOx-Speicherkatalysators **18** eine Abgasrückführleitung **19** zum Ansaugkanal **13** geführt, die zwischen einer Drosselklappe **20** und dem Einlassventil **14** in den Ansaugkanal mündet. In die Abgasrückführleitung **19** ist ein steuerbares Ventil **22** geschaltet, das üblicherweise als Abgasrückführventil bezeichnet wird. Durch Ansteuerung des Ventils **22** kann die Menge an rückgeführtem Abgas eingestellt werden.

Die Verbrennungsluft für den Zylinder **11** strömt über einen Luftmassenmesser **23** in den Ansaugkanal **13**. Die darin angeordnete Drosselklappe **20** ist ein elektromotorisch angesteuertes Drosselorgan (E-Gas-System), dessen Öffnungsquerschnitt neben der Betätigung durch einen Fahrer (Fahrerpedalstellung) auch vom Steuergerät **21** beeinflusst werden kann. Damit lassen sich beispielsweise störende Lastwechselreaktionen reduzieren. Darüber hinaus wird die Drosselklappe **20** vom Steuergerät **21** im geschichtet-mageren Betrieb nahezu vollständig geöffnet. Weiter sorgt das Steuergerät **21** durch entsprechenden Eingriff an der Drosselklappe **20** für einen weichen Übergang von stöchiometrischem zu homogen-magerem und von dort zum geschichtet-mageren Betrieb.

Schließlich befindet sich im Ansaugkanal **13** noch ein Temperatursensor **24**, der an das Steuergerät **21** angeschlossen ist. Natürlich kann der Temperatursensor **24** auch in den Luftmassenmesser **23** integriert sein.

Im Verbrennungsraum **12** ragen eine Zündkerze **25** sowie ein Einspritzventil **26**, das zur Einspritzung mit Kraftstoff aus einem Hochdruckspeicher **27** gespeist wird, der Teil einer bekannten Kraftstoffversorgung zur Benzin-Direkteinspritzung ist. Das Steuergerät **21** ist schließlich noch mit einem Klopfsensor **28** verbunden, der mechanische Schwingungen am Gehäuse der Brennkraftmaschine erfasst und ein entsprechendes Signal abgibt. Die Drehzahl der Brennkraftmaschine wird über einen die Kurbelwelle bzw. ein daran befestigtes Geberrad abtastenden Fühler **29** erfasst. Weitere zum Betrieb der Brennkraftmaschine nötige Steuerparameter, beispielsweise Fahrerpedalstellung, Signale von Temperatursensoren usw. werden dem Steuergerät **21** ebenfalls zugeführt und sind in der **Fig. 1** allgemein mit dem Bezugszeichen **30** gekennzeichnet.

Im Steuergerät **21** ist schließlich ein Block **31** zur Drehmomentermittlung und -überwachung vorgesehen, dessen Funktion später erläutert wird.

Ferner ist das Steuergerät **21** mit einem Speicher **34** verbunden, in dem verschiedene Schwellenwerte TQ1\_SW1, TQ1\_SW2 sowie mindestens die Kennfelder KF1 und KF2 gespeichert sind, auf deren Bedeutung noch eingegangen wird.

Das Steuergerät **21** legt betriebsabhängig fest, ob die Brennkraftmaschine stöchiometrisch, homogen-mager oder geschichtet-mager betrieben werden soll.

In jedem Betriebsmodus bestimmt das Steuergerät **21** ständig die Ansteuerdaten für das Einspritzventil **26**, also den Einspritzbeginn sowie die Einspritzdauer bzw. das Einspritzende. Dabei wird der Einspritzbeginn auf die Kurbelwellenstellung bezogen, die mittels des Fühlers **29** dem Steuergerät **21** bekannt ist. Um alterungs- und produktions-toleranzbedingte individuelle Abweichungen der einzelnen Einspritzventile **26** bei einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine auszugleichen, wird vom Steuergerät **21** ein Adaptionsverfahren durchgeführt, dessen Flussdiagramm in **Fig. 2** dargestellt ist, in der die mit S beginnenden Bezugszeichen Schritte des Verfahrensablaufes bezeichnen.

In einem Schritt S1 werden zuerst entsprechende Größen

initialisiert. Insbesondere wird das Kennfeld KF1 entweder mit Standardwerten vorbelegt, oder mit bei der letzten Ausführung des Adaptionsverfahrens ermittelten Werten beschrieben.

Anschließend wird in einem Schritt S2 abgefragt, ob die Brennkraftmaschine sich im homogenen Betriebsmodus befindet ( $\lambda = 1$ ). Ist dies der Fall, wird in der mit einem "+"-Zeichen bezeichneten Verzweigung weitergefahren. Befindet sich die Brennkraftmaschine nicht im homogenen Betriebsmodus, wird mit dem mit einem "-"-Zeichen bezeichneten Ast fortgefahren. Diese Abfrage ist dann nötig, wenn das Adaptionsverfahren als unabhängiger Prozess im Steuergerät 21 abläuft. Ist es dagegen in die Betriebsmodussteuerung eingebunden, kann die Abfrage in Schritt S2 entfallen, da dann immer bekannt ist, welcher Betriebsmodus vorliegt.

Im Falle des homogenen Betriebes wird in einem Schritt S4 das Signal der Lambda-Sonde 32 zylinderindividuell erfasst. Diese zylinderindividuelle Erfassung ermöglicht es, zu beurteilen, welches Gemisch jeder Zylinder im Mittel erhält. Dabei wird die Brennkraftmaschine mit den derzeit gültigen Ansteuerwerten für die Einspritzung betrieben. Die derzeit gültigen Ansteuerwerte setzen sich aus einem Ansteuergrundwert und einem aktuellen Wert eines noch zu beschreibenden ersten Korrekturfaktors aus dem Kennfeld KF1 zusammen. Anschließend wird in Schritt S5 abgefragt, ob zwischenzeitlich ein Wechsel des Betriebsmodus erfolgte. Ist dies der Fall, wird vor Schritt S2 zurückgesprungen, ansonsten wird im mit "-" bezeichneten Ast fortgefahren.

Dann wird im Schritt S6 als nächstes überprüft, ob sich aus der zylinderindividuellen Erfassung in Schritt S4 erkennen lässt, dass alle Zylinder mit dem Soll-Gemisch, bei stöchiometrischem Betrieb also im Mittel mit  $\lambda = 1$  betrieben wurden.

Ist dies der Fall, wird in einer Schleife vor Schritt S4 zurückgesprungen.

Zeigt sich in der Abfrage des Schrittes S6, dass einzelne Zylinder nicht im Mittel mit Soll-Gemisch durch ihre Einspritzventile 26 versorgt wurden, wird in Schritt S7 zylinderselektiv eine Kraftstoffmengenkorrektur berechnet. Dabei wird die den Zylindern über ihre Einspritzventile 26 zuzumessende Kraftstoffmenge auf das Soll-Gemisch hin korrigiert. Für Zylinder, die mit zu fettem Gemisch betrieben wurden, wird also eine Kraftstoffmindermenge errechnet; für Zylinder, die mit zu magerem Gemisch betrieben wurden, eine Kraftstoffmehrmenge.

Diese Kraftstoffmengenkorrektur ist der oben erwähnte erste Korrekturfaktor. Er wird in Schritt S8 im Kennfeld KF1 abgelegt.

Anschließend wird vor Schritt S4 zurückgesprungen. In Schritt S4 wird dann das Steuergerät 21 angewiesen, bei der Ansteuerung der Einspritzventile 26 die entsprechenden Kraftstoffmengenkorrekturen des Kennfeldes KF1 zu berücksichtigen. Dies wird in der Regel dadurch geschehen, dass die Einspritzdauer entsprechend reduziert oder verlängert wird. Durch die Abfolge dieser Schritte wird eine Zylinder-Gleichstellung erreicht. Aus der Schleife wird wie erwähnt nur dann in Schritt S5 herausgesprungen, wenn ein Betriebsmoduswechsel vorliegt.

Läuft die Brennkraftmaschine im geschichtet-mageren Betrieb so kann die Gleichstellung durch Adaption der Einspritzventile 26 nicht mit den Schritten S4 bis S8 erfolgen, da dann nicht mehr die eingespritzte Kraftstoffmasse vorwiegend bestimmend für das Verhalten der Brennkraftmaschine ist, sondern auch die Strahlcharakteristik wesentlich zu berücksichtigen ist. Deshalb kann der erste Korrekturfaktor, d. h. die Kraftstoffmehr- und -mindermenge des Kenn-

feldes KF1 nicht mehr alleine verwendet werden. Vielmehr ist eine eigenständige, zusätzliche Adaption zur Drehmoment-Gleichstellung im geschichtet-mageren Betrieb der Brennkraftmaschine nötig. Deshalb wird im mageren Betrieb der Brennkraftmaschine im Schritt S9 zuerst auf ein weiteres Kennfeld KF2 mit einem zweiten Korrekturfaktor zugegriffen. Zur Drehmoment-Gleichstellung erfolgt die Einspritzung mit zwei Korrekturwerten, dem ersten Korrekturwert, der während der geschichtet-mageren Betriebsweise unverändert bleibt, und dem zweiten Korrekturfaktor, der durch Adaption verändert wird.

Anschließend wird die Einspritzung mit derzeit gültigen Ansteuerwerten vorgenommen. Diese setzen sich aus einem Ansteuergrundwert, dem ersten Korrekturfaktor und dem aktuellen Wert des zweiten Korrekturfaktors aus dem Kennfeld KF2 zusammen.

Dann wird in Schritt S10 die Laufruhe zylinderselektiv erfasst. Dies erfolgt im oben erwähnten Block 31 des Steuergerätes 21 durch geeignete Auswertung des Signales des Klopfensors 28, um das von jedem Zylinder abgegebene Drehmoment zu erfassen. Dieser Block 31 kann beispielsweise auch auf die Signale eines (in Fig. 1 nicht dargestellten) Drehmomentsensors Rückgriff nehmen.

Die Erfassung in Schritt S10 liefert die Differenz der von den einzelnen Zylindern abgegebenen Drehmomente.

Anschließend wird in Schritt S11 wiederum abgefragt, ob ein Betriebsmoduswechsel vorliegt. Ist dies der Fall, wird vor Schritt S2 zurückgesprungen, ansonsten wird mit Schritt S12 fortgefahren.

Dieser Schritt S12 überprüft, ob die Differenz der von den Zylindern abgegebenen Drehmomente unter einem Schwellwert liegt. Dabei kann es sich je nach Betriebsmodus um den Schwellwert TQI\_SW1 für den Fall des homogen-mageren Betriebes oder den Schwellwert TQI\_SW2 für den Fall geschichtet-mageren Betriebes handeln. Unterschreitet die Differenz den Schwellenwert für alle Zylinder, wird vor Schritt S10 zurückgesprungen, ansonsten mit Schritt S13 fortgefahren.

In Schritt S13 wird zylinderselektiv der zweite Korrekturfaktor für die Berücksichtigung der Strahlcharakteristik des Einspritzventils 26 fortgeschrieben. Diese Adaption des zweiten Korrekturfaktors erfolgt auf eine Drehmoment-Gleichstellung der Zylinder 11 hin. Der so adaptierte bzw. veränderte zweite Korrekturfaktor wird für jeden Zylinder in das Kennfeld KF2 eingetragen.

Nun erfolgt die Einspritzung mit korrigierten Werten. Bei der Einspritzkorrektur kann es sich um eine Einspritzdaueränderung handeln, es ist aber auch eine Einspritzbeginnkorrektur oder eine Kombination der beiden möglich. Zur Korrektur werden beide Korrekturfaktoren eingesetzt. Dabei wird in Schritt S14 das Steuergerät 21 angewiesen, den zweiten Korrekturfaktor des Kennfeldes KF2 zusammen mit dem unveränderten ersten Korrekturfaktor aus dem Kennfeld KF1 bei der Ansteuerung der Einspritzventile 26 zu berücksichtigen. Dann wird vor Schritt S10 zurückgesprungen.

Die Adaption der Ansteuerung der Einspritzventile 26 verwendet somit im geschichtet-mageren Betrieb der Brennkraftmaschine den ersten Korrekturfaktor aus dem  $\lambda$ -Gleichstellung, jedoch nicht den zweiten Korrekturfaktor im homogenen Betrieb. Dies hat seinen Hintergrund darin, dass die Ergebnisse der  $\lambda$ -Gleichstellung für den homogenen Betrieb auf die Drehmoment-Gleichstellung für den geschichtet-mageren Betrieb angewendet werden können, weil bei der  $\lambda$ -Gleichstellung im homogenen Betrieb Unterschiede der eingespritzten Kraftstoffmasse berücksichtigt werden, die sowohl dort als auch im geschichtet-mageren Betrieb der Brennkraftmaschine Gültigkeit besitzen. Der zweite Kor-

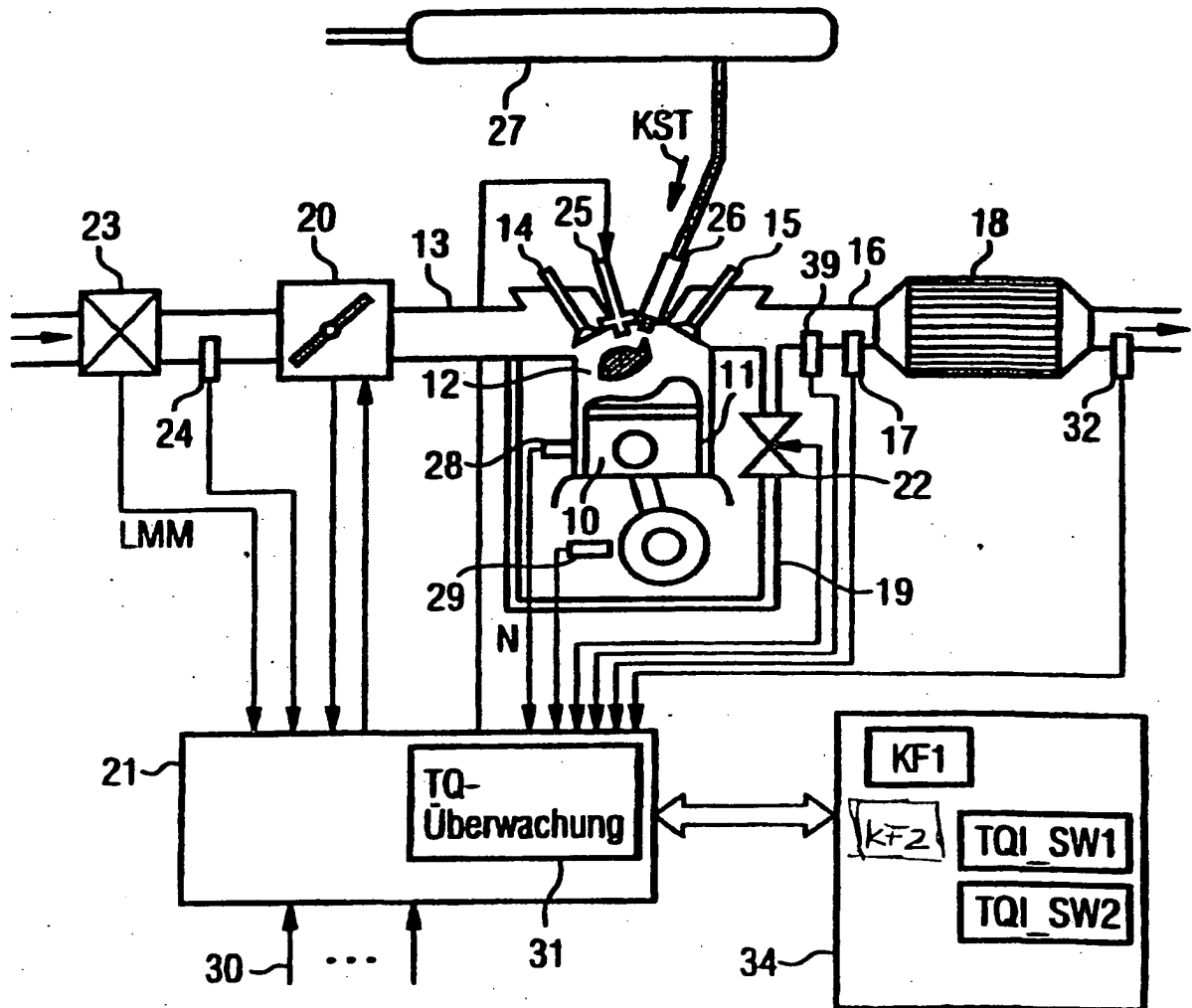
rekturfaktor, der bei der Drehmoment-Gleichstellung im geschichtet-mageren Betrieb adaptiert wird, gleicht eine Änderung der Strahlcharakteristik der Einspritzventile 26, bedingt beispielsweise durch Verkokung, aus. Diese Unterschiede der Strahlcharakteristik der Einspritzventile 26 sind jedoch im homogenen Betrieb der Brennkraftmaschine nicht oder nur kaum relevant, weshalb die Ergebnisse der Drehmoment-Gleichstellung beim Adaptionsverfahren im geschichtet-mageren Betrieb der Brennkraftmaschine nicht den ersten Korrekturfaktor der  $\lambda$ -Gleichstellung beim Adaptionsverfahren im homogenen Betrieb der Brennkraftmaschine rückwirken dürfen.

#### Patentansprüche

1. Adaptionsverfahren zur Steuerung der Einspritzung einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine, die phasenweise stöchiometrisch und mager betrieben wird, bei welchem Verfahren folgende Stufen vollführt werden:
  - a) in stöchiometrischen und/oder homogen-mageren Betriebsphasen wird fortlaufend für jeden Zylinder die Steuerung der Einspritzung so bewirkt, dass jeder Zylinder im Mittel mit stöchiometrischem oder gewünschtem homogen-magerem Gemisch betrieben wird, wobei für Einspritzgrundwerte ein erster Korrekturfaktor fortlaufend ermittelt und gespeichert wird, der die Abweichung einer Isteinspritzung von der Solleinspritzung wiedergibt, und
  - b) in geschichtet-mageren Betriebsphasen wird fortlaufend für jeden Zylinder die Steuerung der Einspritzung so bewirkt, dass jeder Zylinder ein vorgegebenes Drehmoment erzeugt oder dass die Laufruhe der Brennkraftmaschine maximal wird, wobei eine Korrektur von Einspritzgrundwerten erfolgt, bei der der in Stufe a) zuletzt gespeicherte erste Korrekturfaktor verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Stufe b) ein zweiter Korrekturfaktor gewonnen wird, der zusammen mit dem in Stufe a) zuletzt gespeicherten ersten Korrekturfaktor verwendet wird und der die Abweichung der Isteinspritzung von der Solleinspritzung für den geschichtet-mageren Betrieb wiedergibt.
3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach einem Übergang von einer geschichtet-mageren Betriebsphase zu einer stöchiometrischen oder homogen-mageren Betriebsphase bei der Steuerung der Einspritzung in Stufe a) mit dem zuletzt gespeicherten Wert des ersten Korrekturfaktors fortgefahren wird.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Stufe a) der erste Korrekturfaktor die Abweichung der eingespritzten Kraftstoffmasse wiedergibt.
5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in Stufe b) der zweite Korrekturfaktor adaptiert wird, der erste Korrekturfaktor jedoch unverändert bleibt.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und/oder zweite Korrekturfaktor betriebsparameterabhängig gewählt wird und in einem betriebsparameterabhängigen Kennfeld abgelegt wird.

- Leerseite -

**FIG 1**



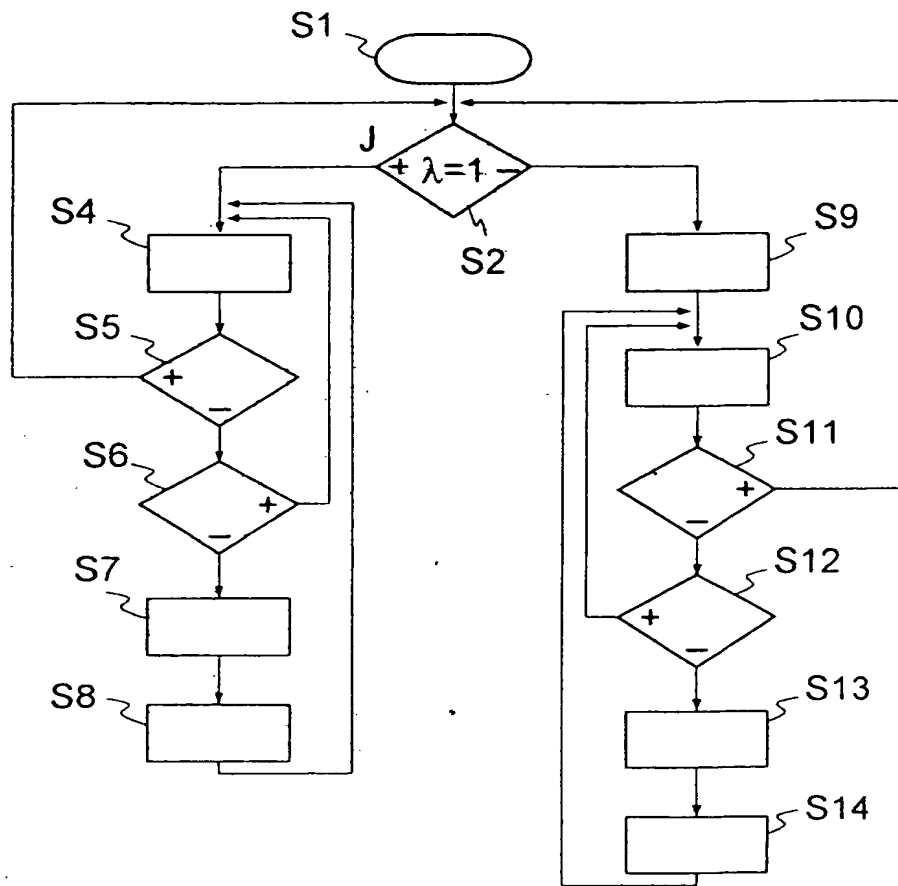
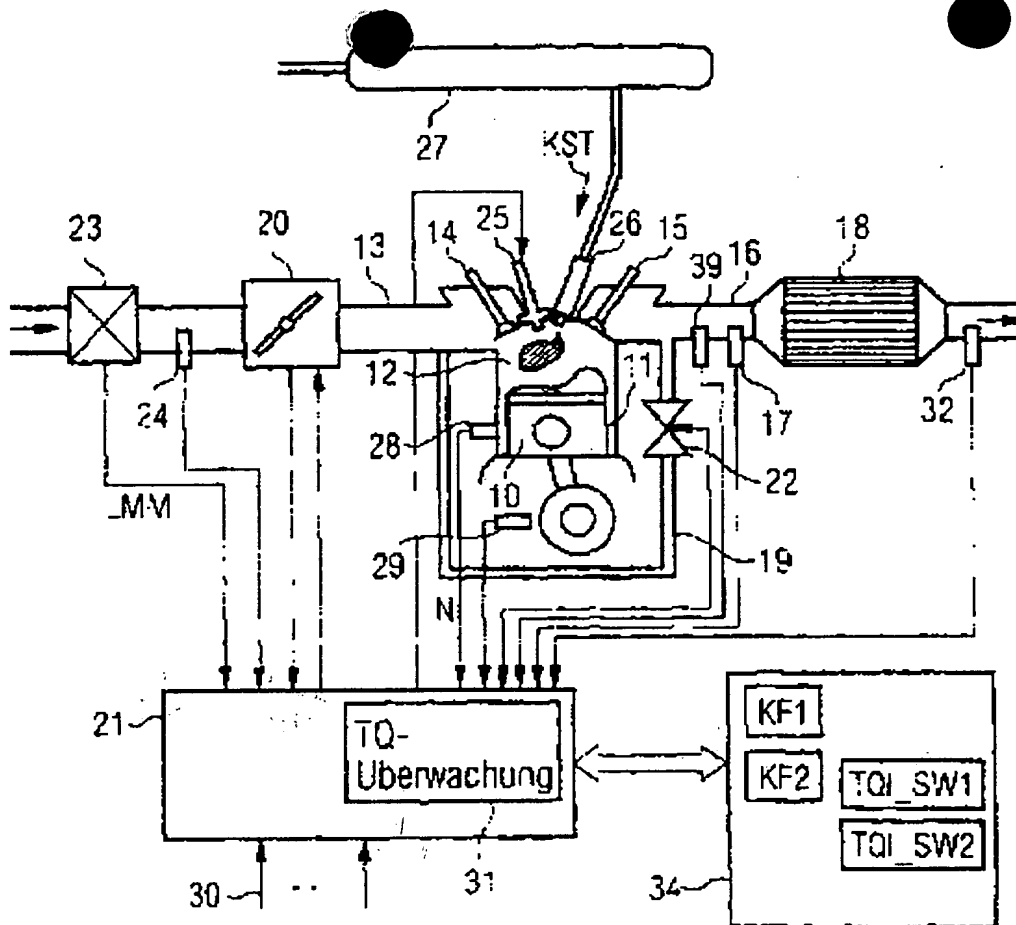


FIG 2



AN: PAT 2001-543170  
TI: Fuel injection adaption method for multi-cylinder internal combustion (IC) engine requires storing first correction factor for basic injection values and then applying these values during stratified-lean operating phases for correcting basic injection values  
PN: EP1132600-A2  
PD: 12.09.2001  
AB: An adaption method for controlling the injection of a multi-cylinder internal-combustion (IC) engine, which is operated phase-wise stoichiometric and lean, involves a first stage (a) of continuously controlling the injection for each cylinder in stoichiometric and/or homogenous-lean operating phases, so that each cylinder on average is operated with stoichiometric or the required homogenous-lean mixture, where a first correction factor is continuously determined and stored, for the basic injection values, and which restores or reproduces the deviation of the actual injection from the desired injection. In a second stage (b), in the stratified-lean operating phases, control of injection for each cylinder is carried out so that each cylinder generates a given torque or that the running smoothness of the engine is maximal. A correction of the basic injection values then follows, during which the first correction factor stored finally in stage (a) is used.; USE - For reducing fuel consumption of IC engines. ADVANTAGE - Allows IC-engine which is running in both stoichiometric and lean operating modes, to achieve adaption of injection control so that changes of injection valves are balanced/evened out, in either mode.  
PA: (SIEI ) SIEMENS AG;  
IN: ROESEL G; ZHANG H;  
FA: EP1132600-A2 12.09.2001; DE50102508-G 15.07.2004;  
**DE10011690-A1** 20.09.2001; **DE10011690-C2** 07.02.2002;  
KR2001091962-A 23.10.2001; EP1132600-B1 09.06.2004;  
CO: AL; AT; BE; CH; CY; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT;  
KR; LI; LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI; TR;  
DR: AL; AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LI;  
LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI; TR;  
IC: F02D-041/14; F02D-041/30; F02D-041/34; F02D-041/38;  
MC: X22-A03A1; X22-A03A2A;  
DC: Q52; X22;  
FN: 2001543170.gif  
PR: DE1011690 10.03.2000;  
FP: 12.09.2001  
UP: 20.07.2004

**This Page Blank (uspto)**



This Page Blank (uspto)

Docket # S3-02P16225  
Applic. # PCT/EP2003/013378  
Applicant: JEROME BOUCHAIN ET AL.  
Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101